

Оценка ультразвукового сканирования легких у больных системной склеродермией и интерстициальным поражением легких

О.Б. Овсянникова, Л.П. Ананьева, Ю.О. Корсакова, О.А. Конева, А.В. Волков, С.И. Глухова

ФГБУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой» РАМН, Москва

V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Контакты: Ольга Борисовна Овсянникова
sorry_84@mail.ru

Contact: Olga Borisovna Ovsyannikova
sorry_84@mail.ru

Поступила 15.01.13

Цель исследования — оценка информативности и воспроизводимости метода ультразвукового исследования (УЗИ) при интерстициальном поражении легких (ИПЛ) у больных системной склеродермией (ССД); сопоставление счета ультразвуковых «комет» (УЗК) с данными мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) легких и функциональных легочных тестов.

Материал и методы. Обследовано 40 больных ССД и ИПЛ. В зависимости от распространенности легочного поражения пациенты были разделены на две группы: группа 1 — со значительно выраженными изменениями (с поражением >20% легких по данным МСКТ) — включала 12 пациентов; группу 2 — с маловыраженными изменениями (поражение <20%) — вошло 28 пациентов. Для регистрации результатов УЗИ легких использовался счет УЗК. **Результаты.** У больных ССД в группе 1 счет УЗК был достоверно выше, чем в группе 2 ($113,6 \pm 48,3$ и $35,3 \pm 32,7$ соответственно; $p < 0,0005$). Счет УЗК в целом по группе обратно коррелировал с форсированной жизненной емкостью легких ($r = -0,56$; $p < 0,05$) и диффузионной способностью легких ($r = -0,57$; $p < 0,05$). При оценке воспроизводимости счета УЗК достоверных различий между данными двух исследователей найдено не было, коэффициент конкордации Кендалла оказался достаточно высоким ($r = 0,81$; $p < 0,001$).

Заключение. УЗИ легких может использоваться как простой, хорошо воспроизводимый дополнительный метод исследования ИПЛ при ССД, позволяющий выявлять легочный фиброз и оценивать его распространенность.

Ключевые слова: системная склеродермия, интерстициальное поражение легких, ультразвуковое исследование, счет ультразвуковых «комет».

ASSESSMENT OF LUNG ULTRASOUND IN PATIENTS WITH SCLERODERMA SYSTEMATICA AND INTERSTITIAL LUNG DISEASE O.B. Ovsyannikova, L.P. Ananyeva, Yu.O. Korsakova, O.A. Koneva, A.V. Volkov, S.I. Glukhova

Objective: to estimate the informative value and reproducibility of ultrasound study (USS) in interstitial lung disease (ILD) in patients with scleroderma systematica (SDS) and to compare ultrasound lung comet (ULC) scores with the data of multislice spiral computed tomography (MSCT) of the lung and its function tests.

Subjects and methods. Forty patients with SSD and ILD were examined. According to the extent of lung injury, the patients were divided into two groups: 1) 12 patients with significantly pronounced changes (>20% lung involvement, as evidenced by MSCT); 2) 28 patients with just noticeable changes (<20% lung involvement). ULC scoring was used to record the results of lung USS.

Results. In the SDS patients from Group 1, the ULC scores were significantly higher than those in Group 2 ($113,6 \pm 48,3$ and $35,3 \pm 32,7$, respectively; $p < 0,0005$). Those in the entire group were inversely correlated with forced vital capacity ($r = -0,56$; $p < 0,05$) and diffuse lung capacity ($r = -0,57$; $p < 0,05$). Assessment of the reproducibility of ULC scoring disclosed no significant differences in the data obtained by two investigators; the Kendall concordance coefficient turned out to be rather high ($r = 0,81$; $p < 0,001$).

Conclusion. Lung USS may be used as a simple, well-reproducible additional study of ILD in SDS, which can identify lung fibrosis and estimate its extent.

Key words: scleroderma systematica, interstitial lung disease, ultrasound study, ultrasound comet scoring.

Системная склеродермия (ССД) — прогрессирующее полисиндромное заболевание с характерными изменениями кожи, пищеварительного тракта, почек и распространенными вазоспастическими нарушениями по типу синдрома Рейно [1]. Тяжелое поражение внутренних органов (легких, сердца, почек, желудочно-кишечного тракта) ассоциируется с плохим прогнозом ССД.

Интерстициальное поражение легких (ИПЛ) — одно из самых частых проявлений системного склероза, которое, наряду с легочной артериальной гипертензией, является ведущей причиной смерти при ССД [2, 3], поэтому выявление и оценка тяжести поражения легких имеют особое значение. Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) легких является высокочувствительным и специфичным методом, с помощью

которого ИПЛ выявляется у 80–90% больных ССД [4, 5]. К основным определяемым при МСКТ признакам поражения легких при ССД относят ретикулярные изменения, феномен «матового стекла», образование кистовидных структур и соевого легкого [6]. Однако МСКТ не всегда доступна и остается дорогостоящим методом исследования. Для диагностики заболевания легких и оценки тяжести дыхательных нарушений широко применяются функциональные легочные тесты (ФЛТ). ИПЛ сопровождается развитием рестриктивных нарушений, выявляемых с помощью спирометрии и бодиплетизмографии. Снижение таких показателей, как диффузионная способность легких (ДСЛ) и форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), ассоциируется с высокой смертностью при ССД и ИПЛ [7–11].

Для выявления ИПЛ используются и другие методы, такие как бронхоальвеолярный лаваж и рентгенография легких, которые, однако, имеют свои ограничения по информативности. В настоящее время продолжается поиск новых инструментальных методов диагностики ИПЛ. Учитывая доступность и относительно невысокую стоимость, в последние годы активно изучаются возможности использования ультразвукового исследования (УЗИ) для выявления патологических процессов в легких.

УЗИ широко применяется во многих областях практической медицины, но для диагностики заболеваний легких практически не использовалось как по объективным, так и по субъективным причинам. К объективным причинам относятся помехи (акустические тени) от костных элементов грудной клетки, что технически затрудняет визуализацию, связанную со сканированием из узких межреберных промежутков. Важно и то, что в норме воздушная легочная ткань полностью отражает ультразвук, что делает невозможной визуализацию объектов на экране, но появление очагов снижения воздушности легочной ткани позволяет их визуализировать. К субъективным причинам относится устоявшееся мнение, что УЗИ — малоинформативный метод для диагностики заболеваний легких. Углубленное изучение показало, что воспалительный процесс, опухоли и новообразования приводят к снижению воздушности легкого, в результате чего условия прохождения ультразвуковых волн меняются и можно получить акустическое окно с визуализацией изменений [12]. Поэтому УЗИ легких стали использовать в пульмонологии, реаниматологии и ревматологии.

Анализ изображения, которое появляется при УЗИ грудной клетки у больных с изменениями паренхимы легких, основывается на визуальном выявлении и характеристике двух основных акустических феноменов, связанных с изменением воздушности легочной ткани: горизонтальных А-линий и вертикальных Б-линий [13]. D. Lichtenstein и соавт. впервые описали характерную ультразвуковую картину при исследовании легких у пациентов с альвеолярно-интерстициальным синдромом (АИС), при котором происходит утолщение междольковых перегородок (отек, инфильтрация или фиброз) [14, 15]. Эти изменения отражаются в акустическом окне в виде артефактов, имеющих на экране вид хвоста кометы, их называют ультразвуковыми «кометами» (УЗК) или Б-линиями [16]. В зависимости от варианта поражения легких у больных ССД при УЗИ могут быть обнаружены единичные или множественные Б-линии (рис. 1).

В кардиологии и реаниматологии достаточно широко используется УЗИ легких для выявления выпота

в грудной клетке у больных с хронической сердечно-сосудистой и острой сердечной недостаточностью и отеком легких [17–19]. В ревматологии одна из первых работ проведена в 2009 г. L. Gargani и соавт. [20], которые оценивали информативность УЗИ для выявления ИПЛ у больных ССД. В этой работе результаты УЗИ (наличие «легочных комет») были сопоставлены с данными МСКТ и ФЛТ. Наблюдались прямая корреляция между количеством УЗК и тяжестью фиброза легких (который оценивался полуколичественно) по данным МСКТ и обратная корреляция с ДСЛ. В 2012 г. M. Tardella и соавт. [21] сравнивали данные УЗИ легких больных с заболеваниями соединительной ткани и выявленным легочным фиброзом по данным МСКТ. Авторы наблюдали прямую корреляцию между тяжестью фиброза и счетом УЗК и предложили полуколичественную оценку счета УЗК, согласно которой «0» означает отсутствие изменений (<10 Б-линий); «1» — минимальные (от 11 до 20 Б-линий); «2» — умеренные изменения (от 21 до 50 Б-линий) и «3» — тяжелые изменения (>50 Б-линий). А в работе T. Barskova и соавт. 2012 г. [22] оценивались возможности УЗИ легких как скринингового метода для выявления ИПЛ при очень ранней ССД.

Однако исследования по применению УЗИ для диагностики ИПЛ пока малочисленны и выполнены на небольшом количестве больных. Кроме того, не изучена воспроизводимость метода, особенно при разной выраженности изменений в легких.

Целью нашего исследования было:

- 1) оценить информативность УЗИ легких, используя сравнение счета УЗК с распространенностью ИПЛ по данным МСКТ и функцией легких по данным ФЛТ (ДСЛ и ФЖЕЛ);
- 2) оценить воспроизводимость метода путем сопоставления результатов счета УЗК, полученного при обследовании одной и той же группы больных двумя независимыми исследователями.

Материал и методы

Обследовано 40 пациентов с достоверным диагнозом ССД, который устанавливался на основании критериев Американской коллегии ревматологов (ACR) 1980 г. [23]. Средний возраст больных на момент включения был $51,45 \pm 11,6$ года, длительность заболевания составила в среднем $13,9 \pm 10,1$ года. Женский пол превалировал над мужским (30 и 10 больных соответственно). У 16 пациентов была диффузная, у 24 — лимитированная форма ССД. Критерием для включения пациентов в исследование было наличие ИПЛ, выявленного с помощью МСКТ. Всем боль-

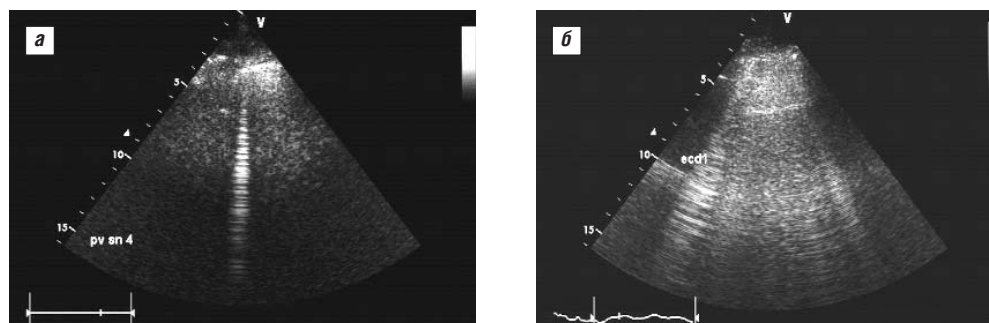


Рис. 1. УЗК: а — единичная Б-линия; б — множественные Б-линии

ным проводили УЗИ грудной клетки и выполняли ФЛТ с определением ДСЛ и ФЖЕЛ.

Мультиспиральная компьютерная томография была выполнена с использованием аппарата Light Speed VCT select. Напряжение питания рентгеновской трубки 120 кВ, толщина среза 5 мм с реконструкцией 1,25, направление сканирования от головы к ногам.

Диагноз ИПЛ выставлялся на основании типичной картины по наличию ретикулярных изменений (патологическое уплотнение внутридольковых и междольковых перегородок, средние или грубые изменения архитектоники легких) и симптомов «матового стекла» (утолщение интерстиция межалъвеолярных перегородок с сохранением архитектоники бронхов и сосудистого рисунка). Для оценки распространенности ИПЛ использовалась схема N.S.L. Goh и соавт. [24], представленная на рис. 2. В основу положено определение объема поражения легких по данным МСКТ и ФЛТ. Согласно этой схеме изменения легких при МСКТ оцениваются на пяти уровнях: 1-й уровень – зона крупных сосудов, дуга аорты; 2-й – бифуркация бронхов; 3-й – слияние легочных вен; 4-й – зона между 3-м и 5-м уровнями; 5-й – непосредственно над правым куполом диафрагмы.

Как видно из рис. 2, больных разделяют на группы с объемом поражения легких $>20\%$ и $<20\%$. Кроме того, при возникновении трудностей с оценкой распространенности поражения выделяется промежуточная группа. У таких больных оценка распространенности проводится с учетом ФЖЕЛ. Оптимальное значение ФЖЕЛ 70% было установлено N.S.L. Goh и соавт. [24] при сопоставлении результатов МСКТ и определения ФЖЕЛ. Использование данных МСКТ и ФЛТ делает этот метод более

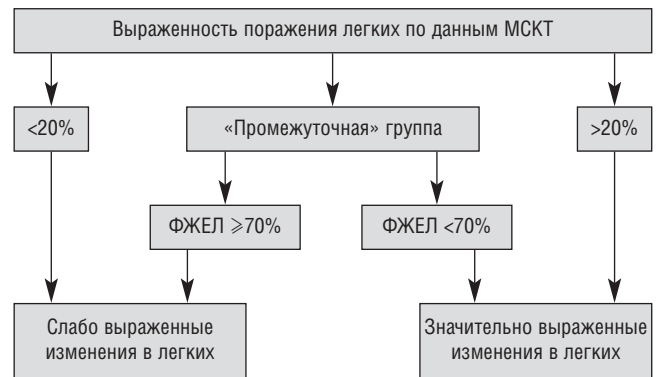


Рис. 2. Оценка выраженности поражения легких (в модификации по N.S.L. Goh и соавт. [24])

информативным, чем другие [25–27], поэтому в своей работе мы использовали его для оценки ИПЛ. При этом у 12 наших больных зафиксировано поражение $>20\%$ (группа 1), а у 28 – $<20\%$ паренхимы легкого (группа 2; рис. 3–5).

Ультразвуковое исследование легких осуществлялось на аппарате Vivid 7 (General Electric, США, секторный датчик с частотой 3,5–5 МГц, глубина 15 см. Исследовались правая и левая половины грудной клетки по паравертебральным, подлопаточным и задним подмышечным линиям [13]. Для регистрации результатов использовался специально разработанный протокол, который состоял из двух частей: первая – для оценки со стороны переднебоковой, вторая – со стороны задней поверхности грудной клетки [13]. Всего оценивалось 64 ультразвуковых поля. Одно поле соответствует одной ячейке в протоколе.

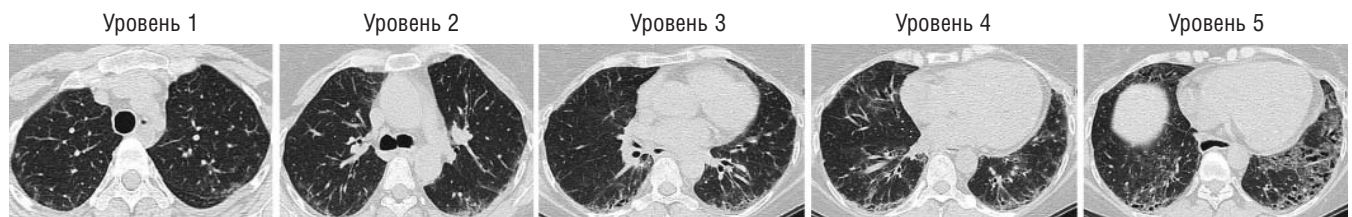


Рис. 3. МСКТ: выраженные изменения легких (группа 1). Здесь и на рис 4, 5: уровень 1 – зона крупных сосудов; уровень 2 – бифуркация бронхов; уровень 3 – слияние легочных вен; уровень 4 – зона между 3-м и 5-м уровнями; уровень 5 – непосредственно над правым куполом диафрагмы



Рис. 4. МСКТ: умеренно выраженные изменения легких, соответствующие промежуточной подгруппе

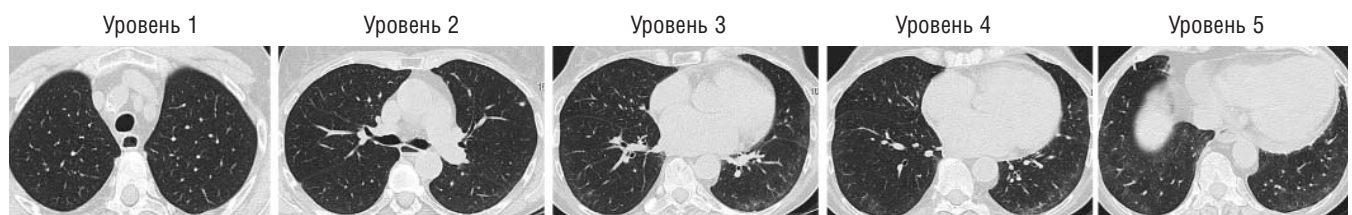


Рис. 5. МСКТ: слабовыраженные изменения легких (группа 2)

Таблица 1 Сравнение средних значений счета УЗК с показателями ФЛТ ($M \pm \delta$)

Показатели	Все больные (n=40)	Группа 1 (n=12)	Группа 2 (n=28)
ДСЛ, % от должного	53,3±14,5	38,7±6,9*	59,5±12,2*
ФЖЕЛ, % от должного	89,2±22	74,5±22,3**	95,5±18,9**
Среднее количество УЗК	58,7±52,1	113,6±48,25*	35,25±32,7*

Примечание. Различия достоверны: * – $p < 0,001$; ** – $p < 0,05$.

Таблица 2 Сравнение средних значений счета УЗК по передней и задней поверхностям грудной клетки ($M \pm \delta$)

Показатель	Передняя поверхность грудной клетки	Задняя поверхность грудной клетки
Счет УЗК:		
в целом (n=40)	20,8±25,87*	37,8±30,78*
группа 1 (n=12)	27,69±28,7*	61,4±26,63*
группа 2 (n=28)	7,35±8,5*	26,67±26,9*

Примечание. * – различия достоверны: $p < 0,001$.

Количество УЗК подсчитывается в каждом поле и вписывается в соответствующую ячейку протокола, при этом максимальное количество УЗК в одном поле, доступное для подсчета, – 10. Количество УЗК, указанных в каждом поле протокола, суммировалось [20].

Для оценки воспроизводимости метода УЗИ легких было проведено сравнение счета УЗК, полученного при исследовании одной и той же группы больных двумя независимыми исследователями. Первый исследователь (О.О.Б) освоила метод в 2010 г. под руководством специалистов, владеющих методом УЗИ грудной клетки с прицельной оценкой легких и имеющих опыт работы в этой области, на базе Università Degli Studi Firenze Dipartimento di Medicina Interna, Sezione di Reumatology.

Второму исследователю (К.Ю.О), лицензированному сотруднику ФГБУ «НИИР» РАМН, специализирующемуся на УЗИ органов грудной клетки в своей постоянной практике, были представлены методические и иллюстративные материалы и специально разработан-

ный протокол для регистрации визуальных феноменов при УЗИ легких. Исследователи не имели информации о легочной патологии у больного до проведения УЗИ легких.

Функциональные легочные тесты. Спирография проведена на аппарате Master Screen PFT фирмы Viasys, ДСЛ измерялась с использованием метода одиночного вдоха, данные скорректированы по уровню гемоглобина в крови, все результаты даны в процентах от должных значений [28, 29].

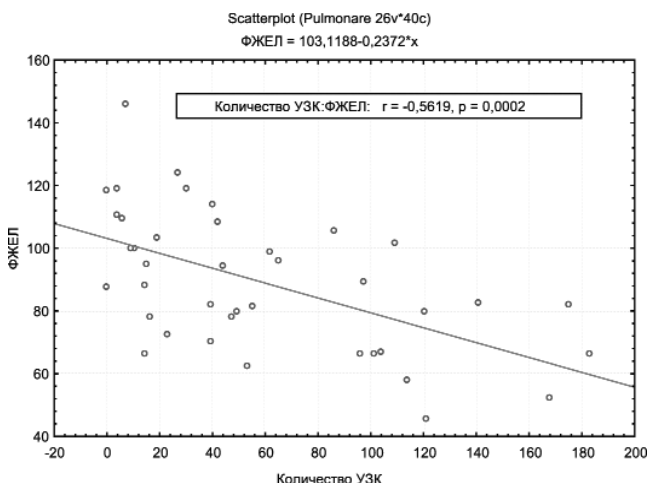
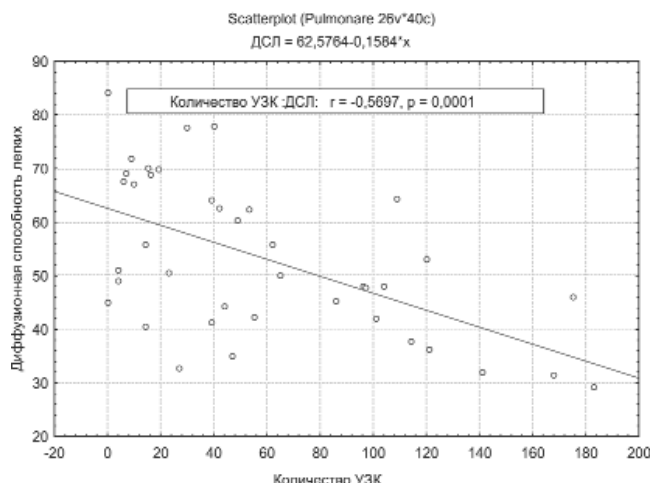
Обработку данных проводили с использованием пакета статистических программ Statistica 10.0 (Statsoft, США). Для анализа значимости различий количественных показателей при нормальном распределении изучаемого параметра использовали t-критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для оценки воспроизводимости метода использовался t-тест для независимых групп для оценки взаимосвязи заключения двух независимых экспертов – ранговый коэффициент корреляции Кендала. Максимальной силе связи соответствуют значения коэффициента корреляции +1 (прямо пропорциональная связь) или -1 (обратно пропорциональная связь), отсутствию связи – 0.

Результаты и обсуждение

Счет УЗК в группе 1 был достоверно выше, чем в группе 2 (табл. 1). Эти результаты совпадают с данными других авторов [20, 22], показавших корреляцию между счетом УЗК и выраженностью фиброза, определявшейся визуально с помощью шкалы полуколичественной оценки, предложенной J.H. Warrick и соавт. [27].

Счет УЗК, как в целом ($n=40$), так и внутри групп 1 и 2, по задней поверхности грудной клетки был достоверно выше, чем по передней поверхности (табл. 2). Представленные данные имеют большое значение для раннего выявления ИПЛ, так как оно типично локализуется в плащевых, базальных отделах легких [30, 31].

В целом по группе счет УЗК обратно коррелировал с показателями ФЖЕЛ (рис. 6) и ДСЛ (рис. 7). Однако при сопоставлении счета УЗК, ФЖЕЛ и ДСЛ внутри каждой группы достоверных корреляций не выявлено, что, по-видимому, объясняется небольшим количеством больных.

**Рис. 6.** Обратная корреляция ФЖЕЛ и количества УЗК. Линия отображает прямую регрессию (здесь и на рис. 7, 8)**Рис. 7.** Обратная связь значений ДСЛ и количества УЗК.

Таким образом, по результатам УЗИ можно не только оценить распространенность интерстициального процесса в легких, но и судить о выраженности функциональных нарушений у данного пациента.

При оценке воспроизводимости УЗИ легких оба исследователя получили сходные результаты (табл. 3). Среднее число УЗК у первого и второго исследователей существенно не различалось.

Мы также сравнили счет УЗК у двух исследователей в каждой группе. Достоверных различий между данными исследователей не наблюдалось.

Как уже было указано выше, для оценки согласованности мнений двух независимых исследователей был использован коэффициент конкордации Кендалла (рис. 8), который показал, что различия мнений экспертов в данном случае были незначительными ($\kappa=0,81$; $p<0,001$). Это подтверждает хорошую воспроизводимость метода.

На основании проведенного исследования можно утверждать, что УЗИ легких является хорошо воспроизводимым методом, способным выявлять ИПЛ у пациентов с ССД.

Феномен УЗК неспецифичен и отражает уплотнение легочной паренхимы любой природы (отек, воспаление, фиброз). Кроме того, единичные (до 10) УЗК в нижнебазальных отделах легких могут присутствовать и в норме. Однако множественные УЗК связаны с явной патологией и, давая косвенную информацию о наличии и распространенности легочных изменений, в конкретном клиническом контексте позволяют ориентировочно оценивать выраженность функциональной недостаточности легких. Поскольку количественная ультразвуковая оценка ИПЛ при ССД хорошо коррелирует с данными МСКТ грудной клетки, целесообразно в качестве первого этапа обследования легких у больных ССД наряду с ФЛП выполнять и УЗИ грудной клетки. Учитывая данные других исследователей [22] и наши собственные данные, мы полагаем, что общий счет УЗК >20 может быть показанием для проведения МСКТ легких. К дополнительным факторам, требующим уточнения с помощью КТ, можно отнести преобладание числа «комет», выявленных по задней поверхности грудной клетки (особенно в нижнебазальных отделах легких), над числом «комет» в передних отделах, так как именно такое распределение легочного фиброза характерно для ИПЛ при ССД.

В нашей работе не изучался вопрос о возможной связи таких МСКТ-признаков, как «матовое стекло»

Таблица 3 Оценка числа УЗК двумя исследователями ($M \pm \delta$)

Показатели	Исследователь 1	Исследователь 2
Общее число УЗК	58,7 $\pm$ 52*	66,9 $\pm$ 56*
Среднее количество УЗК по передней поверхности грудной клетки	20,8 $\pm$ 26*	23,7 $\pm$ 23,7*
Среднее количество УЗК по задней поверхности грудной клетки	37,8 $\pm$ 31*	43 $\pm$ 33*

Примечание. * – $p>0,05$.

и сотовое легкое, с ультразвуковыми проявлениями ИПЛ, поскольку для рентгенологической оценки выраженности легочного фиброза мы использовали простую схему разделения повреждений по распространенности ($>20\%$ и $<20\%$) и не учитывали отдельные рентгенологические проявления ИПЛ в количественном и качественном выражении. В то же время этот вопрос остается интересным и малоизученным. Так как признаки сотового легкого отражают более поздние и необратимые фиброзные изменения, а симптом «матового стекла» – менее выраженные и потенциально обратимые изменения, можно предполагать, что и ультразвуковые признаки поражения легких будут различаться при этих рентгенологических вариантах. Как уже упоминалось выше, в 1997 г. D. Lichtenstein и соавт. [15] предпринимали первые попытки охарактеризовать УЗК в зависимости от характера поражения легких по данным МСКТ грудной клетки у больных с АИС. Они обнаружили связь между такими рентгенологическими признаками, как «матовое стекло», утолщение субплевральных перегородок и интенсивность УЗК. В дальнейшем B. Bouhemed и соавт. [32], используя тот же подход, что и D. Lichtenstein, показали, что уплотнение субплевральных перегородок по данным МСКТ соответствует ультразвуковой картине четких, тонких, интенсивных линий, находящихся на расстоянии 7 мм друг от друга. «Матовое стекло» соответствовало ультразвуковой картине менее интенсивных лучей, более широких по площади, с расстояниями между внутренними линиями около 3 мм. Учитывая небольшое количество работ и отсутствие таких исследований в ревматологии, для подтверждения описанной взаимосвязи необходимы более весомые доказательства, поэтому данная проблема представляется перспективной для дальнейшего изучения.

Диаграмма рассеивания, согласованность мнений двух исследователей

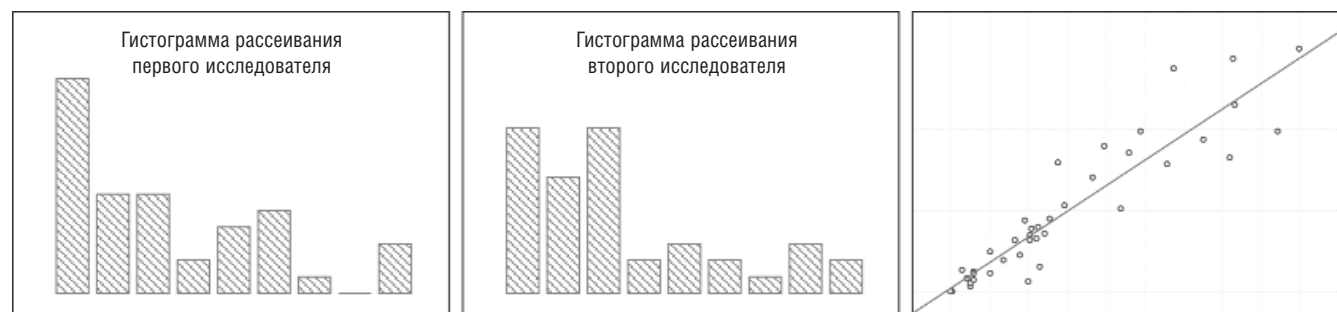


Рис. 8. Согласованность мнений двух исследователей

Заключение

На основании проведенного исследования можно утверждать, что УЗИ легких является хорошо воспроизводимым методом, который может быть применен для

скрининга ИПЛ у пациентов с ССД. Метод позволяет косвенно судить о распространенности легочного поражения и выраженности функциональной недостаточности легких.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева Н.Г. Системная склеродермия и псевдосклеродермические синдромы. М.: Медицина, 1993;26.
2. Steen V.D., Medsger T.A. Changes in causes of death in systemic sclerosis, 1972–2002. *Ann Rheum Dis* 2007;66:940–4.
3. Launay D., Hubert M., Berezne A. et al. Clinical characteristics and survival in systemic sclerosis-related pulmonary hypertension associated with interstitial lung disease. *Chest* 2011;140:1016–24.
4. Desai S.R., Veeraghavam S., Hansell D.M. et al. CT features of lung disease in patients with systemic fibrosis and nonspecific interstitial pneumonia. *Radiology* 2004;232:560–7.
5. Schurawitzki H., Stiglbauer R., Graninger W. et al. Interstitial lung disease in progressive systemic sclerosis: high-resolution CT versus radiography. *Radiology* 1990;176:755–9.
6. Strickland B., Strickland N.H. The value of high definition, narrow section computed tomography in fibrosing alveolitis. *Clin Radiol* 1988;39:589–94.
7. Simeon C.P., Armadans L., Fonollosa V. et al. Mortality and prognostic factors in Spanish patients with systemic sclerosis. *Rheumatology (Oxford)* 2003;42:71–5.
8. Morgan C., Knight C., Lunt M. et al. Predictors of end stage lung disease in a cohort of patients with scleroderma. *Ann Rheum Dis* 2003;62:146–50.
9. Steen V.D., Conte C., Owens G.R., Medsger T.A. Jr. Severe restrictive lung disease in systemic sclerosis. *Arthr Rheum* 1994;37:1283–9.
10. Steen V.D., Medsger T.A. Jr. Severe organ involvement in systemic sclerosis with diffuse scleroderma. *Arthr Rheum* 2000;43:2437–44.
11. Bouros D., Wells A.U., Nicholson A.G. et al. Histopathologic subsets of fibrosing alveolitis in patients with systemic sclerosis and their relationship to outcome. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;165:1581–6.
12. Казакевич В.И. Ультразвуковое исследование грудной клетки при опухолях легких. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2003;168 с.
13. Овсянникова О.Б., Ананьева Л.П., Конева О.А. и др. Ультразвуковое сканирование: возможности и перспективы для оценки поражения легких при системной склеродермии. *Науч-практич ревматол* 2012;50(6):80–7.
14. Volpicelli G., Mussa A., Garofalo G. et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med* 2006;24:689–96.
15. Lichtenstein D., Meziere G., Biderman P. et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1640–6.
16. Picano E., Frassi F., Agricola E. et al. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:356–63.
17. Copetti R., Soldati G., Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary oedema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound* 2008;6:16.
18. Frassi F., Gargani L., Gligorova S. et al. Clinical and echocardiographic determinants of lung comets. *Eur J Echocardiography* 2007;8:474–9.
19. Argicola E., Bove T., Oppizzi M. et al. «Ultrasound comet-tail images»: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 2005;127:1690–5.
20. Gargani L., Doveri M., D'Errico L. et al. Ultrasound lung comets in systemic sclerosis: a chest sonography hallmark of pulmonary interstitial fibrosis. *Rheumatology* 2009;48:1382–7.
21. Tardella M., Gutierrez M., Salaffi R. et al. Ultrasound in the assessment of pulmonary fibrosis in connective tissue disorders: correlation with high-resolution computed tomography. *J Rheumatol* 2012;39:1641–7.
22. Barskova T., Gargani L., Guiducci S. et al. Lung ultrasound for the screening of interstitial lung disease in very early systemic sclerosis. *Ann Rheum Dis* 2012;doi: 10.1136/annrheumdis-2011-201072
23. Subcommittee for Scleroderma Criteria of the American Rheumatism Association Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee. Preliminary criteria for the classification of systemic sclerosis (scleroderma). *Arthr Rheum* 1980;23:581–90.
24. Goh N.S.L., Desai S.R., Veeraghavan S. et al. Interstitial lung disease in systemic sclerosis. A simple staging system. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:1248–54.
25. Kazerooni E.A., Martinez F.J., Flint A. et al. Thin-section CT obtained at 10-mm increments versus limited three-level thin-section CT for idiopathic pulmonary fibrosis: correlation with pathologic scoring. *Am J Rheum* 1997;169:977–83.
26. Wells A.U. High-resolution computed tomography and scleroderma lung disease. *Rheumatology (Oxford)* 2008;47(Suppl 5):v59–v61.
27. Warrick J.H., Bhalla M., Schabel S.I., Silver R.M. High resolution computed tomography in early scleroderma lung disease. *J Rheum* 1991;18:1520–8.
28. Cotes J.E., Chinn D.J., Quanjer P.H. et al. Standardization of the measurement of transfer factor (diffusing capacity). Report Working Party Standardization of Lung Function Test, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;16:41–52.
29. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E. et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Test, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;16:5–40.
30. Strollo D., Goldin J. Imaging lung disease in systemic sclerosis. *Curr Rheumatol Rep* 2010;12:156–61.
31. Ананьева Л.П., Теплова Л.В., Лесняк В.Н. и др. Клиническая оценка проявлений интерстициального поражения легких при системной склеродермии по данным компьютерной томографии высокого разрешения. *Науч-практич ревматол* 2011;2:30–9.
32. Bouhemad B., Zhang M., Lu Q., Roubly J.J. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Critical Care* 2007;11:205.